

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-148183

(43)Date of publication of application : 07.06.1996

(51)Int.Cl.

H01M 10/40

(21)Application number : 06-315526

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 24.11.1994

(72)Inventor : AKASHI HIROYUKI
YAMAURA KIYOSHI

(54) NONAQUEOUS ELECTROLYTE SECONDARY BATTERY

(57)Abstract:

PURPOSE: To effectively restrain abnormal current at the time of the occurrence of a shortcircuit or the like in a nonaqueous electrolyte lithium battery, and eliminate a current breaking element.

CONSTITUTION: Lithium or a lithium compound is used as an active material for a negative electrode, and a metallic oxide or a conductive polymer to become an oxidized state due to p-type doping is used as an active material for a positive electrode. Regarding this nonaqueous electrolyte secondary battery, the surface of at least one of the positive and negative electrodes is covered with an ion conductive polymeric film.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 02.03.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2004-06630

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 01.04.2004

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-148183

(43) 公開日 平成8年(1996)6月7日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 M 10/40

識別記号

庁内整理番号

Z

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平6-315526

(22) 出願日

平成6年(1994)11月24日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 明石 寛之

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 山浦 潔

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 弁理士 田治米 登 (外1名)

(54) 【発明の名称】 非水電解液二次電池

(57) 【要約】

【目的】 非水電解液リチウム二次電池の短絡時等の異常電流を効果的に抑制し、電流遮断素子を不要とする。

【構成】 負極に活物質としてリチウム又はリチウム化合物を使用し、正極に活物質として金属酸化物、金属硫化物又はp型ドーピングにより酸化状態になる導電性ポリマーを使用する非水電解液二次電池において、正極又は負極の少なくとも一方の表面をイオン伝導性の高分子被膜で被覆する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 負極に活物質としてリチウム又はリチウム化合物を使用し、正極に活物質として金属酸化物、金属硫化物又はp型ドーピングにより酸化状態になる導電性ポリマーを使用する非水電解液二次電池において、正極又は負極の少なくとも一方の表面にイオン伝導性の高分子被膜が形成されていることを特徴とする非水電解液二次電池。

【請求項2】 高分子被膜が、それ自体でイオン伝導性を有する膜からなる請求項1記載の非水電解液二次電池。

【請求項3】 高分子被膜の厚さが、 $5\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ である請求項2記載の非水電解液二次電池。

【請求項4】 高分子被膜が、電池内で非水電解液が浸透することによりイオン伝導性を獲得する膜からなる請求項1記載の非水電解液二次電池。

【請求項5】 高分子被膜の厚さが、 $5\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ である請求項4記載の非水電解液二次電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、負極に活物質としてリチウムまたはリチウム化合物を使用する非水電解液二次電池に関する。より詳しくは、本発明は、電極表面に高分子被膜を形成することにより短絡時の異常電流が抑制されるようにした非水電解液二次電池に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、種々の電子機器の飛躍的進歩に伴い、長時間安定的にかつ経済的に使用できるポータブル電源として、二次電池の研究が進められている。代表的な二次電池としては、鉛蓄電池、アルカリ蓄電池、リチウム二次電池等をあげることができるが、中でもリチウム二次電池は、従来の他の二次電池に対して高出力、高エネルギー密度を達成できることから、その開発が活発に行われている。

【0003】例えば、リチウム二次電池の負極は、一般に、リチウム（リチウムイオンを含む）を可逆的にドーブ、脱ドーブできる材料、金属リチウム又はリチウム合金から構成されているが、このような材料として、リチウムをドーブした導電性高分子もしくは層状化合物（炭素材料、金属酸化物等）を使用することが提案されている。

【0004】一方、正極を形成する正極活物質としては、金属酸化物、金属硫化物、特定のポリマーを使用すること、より具体的には、 TiS_2 、 MoS_2 、 NbSe_2 、 V_2O_5 等のリチウムを含有しない化合物や、 LiMO_2 （ $\text{M}=\text{Co}$ 、 Ni 、 Mn 、 Fe 等）のようにリチウムを含有している複合酸化物を使用することが提案されている。また、これらの化合物の複数種を混合して使用することも提案されている。

【0005】負極と正極とのセパレータとしては、微孔

性のポリエチレン、ポリプロピレン等の高分子フィルムが使用されている。この場合、リチウムイオンの伝導度とエネルギー密度の点から、高分子フィルムは可能な限り薄くすることが必要とされ、実用上は通常 $50\mu\text{m}$ 以下とされている。

【0006】そして、電解液としては、エチレンカーボネートやプロピレンカーボネート等の非水溶媒にリチウム塩を溶解させたものが使用されている。

【0007】また、このようなリチウム二次電池では、電池の充電装置や周辺回路の故障によりあるいはユーザーの使用方法の誤り等により、正極と負極が短絡した場合には、電池それ自体が高出力及び高エネルギー密度という特性を有するために、大電流が流れ、急激な発熱が起り、内圧が高まり、ひいては電池破損のおそれが生じる。そこで、そのような場合の安全機構として、電池本体あるいは周辺機器に、瞬間的な出力電流を遮断する電流遮断素子（例えば、PTC回路、ヒューズ等）が設けられている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の安全機構においては、一旦、ヒューズ等の電流遮断素子が作動すると、ヒューズ交換する等の回復処置が必要となるので、そのリチウム電池を直ちに再使用することができないという問題がある。そこで、従来の電流遮断素子にかわる新たな安全機構の開発が求められていた。

【0009】本発明は、このような従来技術の課題を解決しようとするものであり、正極と負極との短絡時でも、電池に異常電流が流れることを抑制し、急激な大電流の発生自体を防止することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明者は、上記の目的を達成するために鋭意検討した結果、電極表面に、リチウムイオンの伝導が容易な高分子被膜を形成すると、電池性能を劣化させることなく、効果的に電池短絡時の異常電流を抑制できることを見出し、本発明を完成させるに至った。

【0011】即ち、本発明は、負極に活物質としてリチウム又はリチウム化合物を使用し、正極に活物質として金属酸化物、金属硫化物又はp型ドーピングにより酸化状態になる導電性ポリマーを使用する非水電解液二次電池において、正極又は負極の少なくとも一方の表面にイオン伝導性の高分子被膜が形成されていることを特徴とする非水電解液二次電池を提供する。

【0012】以下、本発明を詳細に説明する。

【0013】本発明の電池は、電極表面にイオン伝導性の高分子被膜を設ける以外は、従来の非水電解液リチウム二次電池と同様に構成することができる。即ち、本発明の電池において、正極は、金属酸化物、金属硫化物又は特定のポリマーを活物質として構成する。このような正極活物質としては、より具体的には、 TiS_2 、 Mo

S_2 、 $NbSe_2$ 、 V_2O_5 等のリチウムを含有しない金属硫化物あるいは酸化物や、 Li_xMO_2 （式中、Mは一種以上の遷移金属を表し、通常 $0.05 \leq x \leq 1.10$ である）を主体とするリチウム複合酸化物等を使用することができる。このリチウム複合酸化物を構成する遷移金属Mとしては、Co、Ni、Mn等が好ましい。このようなリチウム複合酸化物の具体例としては、 $LiCoO_2$ 、 $LiNiO_2$ 、 $Li_xNi_yCo_{1-y}O_2$ （式中、 x 、 y は電池の充放電状態によって異なり、通常 $0 < x < 1$ 、 $0.7 < y < 1.02$ である）、 $LiMn_2O_4$ 等をあげることができる。これらリチウム複合酸化物は、高電圧を発生でき、エネルギー密度的に優れた正極活物質となる。

【0014】また、正極活物質とする特定のポリマーとしては、p型ドーピングにより酸化状態になる導電性ポリマーを使用することができ、具体的には、例えばポリアセチレン、ポリアニリン、ポリピロール及びその誘導体、ポリ2，5-チエニレン及びその誘導体、ポリパラフェニレン及びその誘導体、ポリアセン等を使用することができる。

【0015】正極には、これらの化合物の複数を混合して使用してもよい。なお、本発明において、以上のような正極活物質を使用して正極を形成するに際しては、公知の導電剤や結着材等を添加することができる。

【0016】一方、本発明において、負極は活物質としてリチウム又はリチウム化合物を使用する。従って、負極はリチウムをドーブ、脱ドーブできる材料、金属リチウム又はリチウム合金を使用して構成する。このような負極を構成する材料または負極活物質のうちリチウムをドーブ、脱ドーブできる材料としては、例えば、熱分解炭素類、コークス類（ピッチコークス、ニードルコークス、石油コークス等）、グラファイト類、ガラス状炭素類、有機高分子化合物焼成体（フェノール樹脂、フラン樹脂等を適当な温度で焼成し炭素化したもの）、炭素繊維、活性炭等の炭素質材料、あるいはポリアセチレン、ポリピロール等のポリマーなどを使用することができる。また、リチウム合金としては、リチウム-アルミニウム合金、リチウム-インジウム合金等を使用することができる。

【0017】このような材料から負極を形成するに際しては、公知の結着材等を添加することができる。

【0018】本発明においては、以上のような正極又は負極の少なくとも一方の表面がイオン伝導性の高分子被膜で被覆されていることを特徴としている。これにより、通常の電池の使用時の内部抵抗を高めることなく、短絡時等の異常時の内部抵抗を大きく増加させることができ、異常電流を抑制することが可能となる。これに対して、このような被膜をもたない従来の電池では、短絡時等の異常時に内部抵抗が低下し、大きな異常電流が流れる。

【0019】本発明において、電極表面を被覆する高分子被膜としては、それ自体がイオン伝導性を有しているものと、それ自体にイオン伝導性はないが、非水電解液が高分子被膜に浸透することによりイオン伝導性を獲得するものとの双方を使用することができる。

【0020】前者の高分子被膜としては、リチウムイオンを高分子鎖に配位することが可能なドナー性の高い膜を使用することができる。また、非水電解液に対して濡れ性の良好なものが好ましい。このような被膜としては、例えば、ポリエーテル、ポリフォスファゼン、ポリエステル、ポリアミン、ポリスルフィド、ポシシロキサン等の膜を使用することができる。この場合、被膜の厚さは、二次電池の充放電効率及び短絡電流の抑制効果の点から $5\mu m \sim 500\mu m$ が好ましい。

【0021】後者の高分子被膜としては、非水電解液に対する親和性が大きく、特に良好な濡れ性を有するものが好ましい。例えば、ポリスチレン、ポリブタジエン及びそれらの共重合体、ポリフッ化ビニリデン、ポリアクリロニトリル、ポリビニルピロリドン、ポリビニリデンカーボネート等を使用することができる。この場合、被膜の厚さは、二次電池の充放電効率及び短絡電流の抑制効果の点から $5\mu m \sim 500\mu m$ が好ましい。

【0022】また、本発明において、電極を被覆する高分子被膜は、いずれも架橋構造をもつものが好ましい。これにより、電池内で温度上昇や圧力変化が生じた場合でも、高分子被膜が電極表面から脱落することを防止できる。

【0023】高分子被膜の形成方法には、特に制限はないが、例えば、電極表面に高分子被膜形成用の塗料を塗布し、架橋させることにより被膜を形成することができる。これにより、塗料が電極表面の微細な凹凸に入り込み、電極表面の凹凸が高分子被膜を電極表面に固着させるアンカー効果をはたすようになるので、密着性のよい被膜を形成することができる。

【0024】本発明において、非水電解液は、従来の非水系リチウム二次電池と同様のものを使用することができる。すなわち、非水電解液の非水溶媒としては、例えばプロピレンカーボネート、エチレンカーボネート、ブチレンカーボネート、ビニレンカーボネート、 γ -ブチロラクトン、スルホラン、1，2-ジメトキシエタン、1，2-ジエトキシエタン、2-メチルテトラヒドロフラン、3-メチル-1，3-ジオキサソラン、プロピオン酸メチル、酪酸メチル、ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、ジプロピルカーボネート等を使用することができる。特に、電圧に安定な点からプロピレンカーボネート、エチレンカーボネート、ブチレンカーボネート、ビニレンカーボネート等の環状カーボネート類、又はジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、ジプロピルカーボネート等の鎖状カーボネート類を使用することが好ましい。また、このような非水溶媒は、1種

または2種以上を組み合わせ使用することができる。

【0025】また、非水溶媒に溶解させる電解質としては、例えば、 LiClO_4 、 LiAsF_6 、 LiPF_6 、 LiBF_4 、 LiCF_3SO_3 、 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ 等を使用でき、このうち特に LiPF_6 や LiBF_4 を使用することが好ましい。

【0026】本発明の電池は、電池形状については特に限定されることはない。円筒型、角型、コイン型、ボタン型等の種々の形状にすることができる。

【0027】

【作用】本発明の非水電解液二次電池においては、電極表面にイオン伝導性の高分子被膜が形成されているので、電池内での急激なイオンの移動が抑制される。したがって、短絡時等の異常時には内部抵抗が大きく増加し、異常電流が抑制されるようになる。一方、本発明で使用する高分子被膜は、通常の電池使用時のイオンの移動は抑制しない。したがって、本発明の電池においては、通常の使用時には内部抵抗は高まらず、また、サイクル特性等の電池特性も損なわれない。

【0028】

【実施例】以下、本発明を実施例により具体的に説明する。

【0029】実施例1

正極活物質を調製するにあたり、まず $\text{Ni}(\text{OH})_2$ と $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ とを等モル混合し、酸素雰囲気中で $600 \sim 800^\circ\text{C}$ で約10時間焼結することにより LiNiO_2 の粉末を得た。この LiNiO_2 粉末85重量部、グラファイト9重量部及びフッ素系高分子バインダー6重量部をジメチルホルムアミド(DMF)を溶媒として混合し、その混合物を十分に乾燥し、DMFを完全に揮発させ、正極用合材粉体を得た。

【0030】正極用合材粉体60mgを秤取り、表面積約 2cm^2 の円盤状の電極に加圧成形し、正極ペレットを得た。

【0031】さらに、この正極ペレットを高分子被膜で被覆するために、グリセリンにエチレンオキシドを付加させたポリエチレンオキシドトリオールオリゴマー(数平均分子量:5000)を用意し、これを乾燥させ、アルゴン置換したブローボックス内にて、乾燥したオリゴマー3gと2,4-ジイソシアン酸トルエン(TDI)0.16gとを、乾燥したプロピレンカーボネート中で混合した。次いで、これを正極ペレット上に膜厚が $20\mu\text{m}$ となるように流延し、 80°C で48時間架橋反応させることにより電極表面の被覆を行った。

【0032】一方、負極として、金属リチウム板を正極と同様の円盤状に打ち抜いたものを用意した。なお、この負極のリチウム量は、正極の最大充電能力より過剰であるため、正極の電気化学的性能を制限するものではない。

【0033】また、セパレータとして微孔性ポリプロピ

レンフィルムを用意し、電解液としては、プロピレンカーボネートに六フッ化リン酸リチウム(LiPF_6)を 1mol/l の割合で溶解させたものを調製した。

【0034】そして、上述の正極、負極、セパレータ、電解液をコイン型セル(寸法:直径約20mm、高さ約2.5mm)に格納することにより試験電池を作製した。

【0035】得られた電池の短絡電流挙動を評価するために、電池を電流密度 $100\mu\text{A}/\text{cm}^2$ で閉回路電圧4.2Vに達するまで充電し、1m秒間短絡したときの電流曲線を記録した。この結果を図1に示す。

【0036】さらに、得られた電池のサイクル特性を評価するために、電池を電流密度 $100\mu\text{A}/\text{cm}^2$ で閉回路電圧4.2Vまで定電流充電し、充電後閉回路電圧2.8Vまで定電流放電するという充放電サイクルを繰り返し、そのときの充放電効率(%)を求めた。この場合、充放電効率は、各々の充放電容量の比により求めた。この結果を表1に示す。表1から、電極表面を高分子被膜で被覆した実施例の電池は優れたサイクル特性を有していることがわかる。

【0037】

【表1】

充放電サイクル数	充放電効率(%)
5	98
10	97
50	96
100	94

比較例1

電極表面に何等被膜処理を施さない以外は実施例1と同様に試験電池を作製し、その短絡電流挙動を実施例1と同様に記録した。この結果を図1に合わせて示す。

【0038】図1から、表面に被膜処理を施していない比較例1の電池では、短絡時に400mAの瞬間電流が流れたのに対し、正極表面に高分子被膜処理を施した実施例1の電池では、瞬間電流が300mAと大きく低減されていることがわかる。

【0039】実施例2

Co_3O_4 と Li_2CO_3 とを等モル比で混合し、大気雰囲気下で 800°C で10時間焼成することにより Li_2CoO_2 の粉体を得た。この粉体を実施例1と同様に正極合材粉体に調製し、加圧成形して正極ペレットとし、さらに高分子被膜処理を施した。

【0040】一方、負極として難黒鉛化炭素ペレットを形成し、この負極と上述の正極と実施例1と同様の電解液とセパレータとを用いてコイン型二次電池を作成し、その短絡電流挙動を実施例1と同様に記録した。この結果を図2に示す。

【0041】比較例2

電極表面に何等被膜処理を施さない以外は実施例2と同様に電池を作製し、その短絡電流挙動を実施例2と同様に記録した。この結果を図2に合わせて示す。

【0042】図2から、表面に被膜処理を施していない比較例2の電池では、短絡時に400mAの瞬間電流が流れたのに対し、正極表面に高分子被膜処理を施した実施例2の電池では、瞬間電流が260mAと大きく低減されていることがわかる。

【0043】実施例3

実施例2と同様にして、正極ペレットをコバルト酸リチウムから形成し、負極ペレットを難黒鉛化炭素から形成した。

【0044】この負極ペレットを高分子被膜で被覆するために、グリセリンにプロピレンオキシドを付加させて得たポリプロピレントリオールオリゴマー（数平均分子量：5000）とジイソシアン酸ヘキサメチレン（HMDI）とを、両者のモル比が、オリゴマーに対してHMDIが3/2倍となるように混合した。そしてこれを負極ペレット上に膜厚が20 μ mとなるように流延し、80℃で48時間架橋反応させることにより電極表面の被覆を行った。

【0045】この表面を被覆した負極と、上述の正極と実施例1と同様の電解液とセパレータとを用いてコイン型二次電池を作成し、その短絡電流挙動を実施例1と同様に記録した。この結果を図3に示す。また、参考のため比較例2の電池の結果も図3に示した。

【0046】図3から、表面に被膜処理を施していない比較例2の電池では、短絡時に400mAの瞬間電流が流れたのに対し、負極表面に高分子被膜処理を施した実施例3の電池では、瞬間電流が180mAと大きく低減されていることがわかる。

【0047】実施例4

実施例2と同様にして、正極ペレットをコバルト酸リチウムから形成し、負極ペレットを難黒鉛化炭素から形成した。

【0048】さらに、正極ペレットと負極ペレットの双方を、それぞれ実施例3と同様にして膜厚20 μ mの高分子被膜で被覆し、得られた正極及び負極と実施例1と同様の電解液とセパレータとを用いてコイン型二次電池を作成し、その短絡電流挙動を実施例1と同様に記録した。この結果を図4に示す。また、参考のため、比較例2の電池の結果も図4に示した。

【0049】図4から、表面に被膜処理を施していない比較例2の電池では、短絡時に400mAの瞬間電流が流れたのに対し、電極表面に高分子被膜処理を施した実施例4の電池では、瞬間電流が160mAと大きく低減されていることがわかる。

【0050】実施例5

実施例2と同様にして、正極ペレットをコバルト酸リチウムから形成し、負極ペレットを易黒鉛化炭素から形成

した。

【0051】さらに正極ペレットと負極ペレットの双方を、それぞれ実施例1と同様にして膜厚20 μ mの高分子被膜で被覆し、得られた正極及び負極と実施例1と同様の電解液とセパレータとを用いてコイン型二次電池を作成し、その短絡電流挙動を実施例1と同様に記録した。この結果を図5に示す。

【0052】比較例3

電極表面に何等被膜処理を施さない以外は実施例5と同様に電池を作製し、その短絡電流挙動を実施例5と同様に記録した。この結果を図5に合わせて示す。

【0053】図5から、表面に被膜処理を施していない比較例3の電池では、短絡時に400mAの瞬間電流が流れたのに対し、電極表面に高分子被膜処理を施した実施例5の電池では、瞬間電流が200mAと大きく低減されていることがわかる。

【0054】実施例6

実施例2と同様にして、正極ペレットをコバルト酸リチウムから形成し、実施例1と同様にして、負極ペレットを金属リチウムから形成した。

【0055】さらに正極ペレットと負極ペレットの双方を、それぞれ実施例3と同様にして膜厚20 μ mの高分子被膜で被覆し、得られた正極及び負極と実施例1と同様の電解液とセパレータとを用いてコイン型二次電池を作成し、その短絡電流挙動を実施例1と同様に記録した。この結果を図6に示す。

【0056】比較例4

電極表面に何等被膜処理を施さない以外は実施例6と同様に電池を作製し、その短絡電流挙動を実施例6と同様に記録した。この結果を図6に合わせて示す。

【0057】図6から、表面に被膜処理を施していない比較例4の電池では、短絡時に400mAの瞬間電流が流れたのに対し、電極表面に高分子被膜処理を施した実施例6の電池では、瞬間電流が160mAと大きく低減されていることがわかる。

【0058】実施例7

実施例2と同様にして正極ペレットをコバルト酸リチウムから形成し、実施例1と同様にして負極を金属リチウムから形成した。

【0059】この正極ペレットと負極ペレットの双方を高分子被膜で被覆するために、まず、予め60℃で減圧乾燥したポリアクリロニトリル（25重量部）をプロピレンカーボネート（50重量部）中にて120℃で加熱融解し、次いでこれを用いて正極ペレットと負極ペレットを各々膜厚が20 μ mとなるように被覆し、正極と負極とを得た。

【0060】得られた正極及び負極と実施例1と同様の電解液とセパレータとを用いてコイン型二次電池を作製し、その短絡電流挙動を実施例1と同様に記録した。この結果を図7に示す。また、参考のため、比較例4の電

池の結果も図7に示した。

【0061】図7から、電極表面に被膜処理を施していない比較例4の電池では、短絡時に400mAの瞬間電流が流れたのに対し、電極表面に高分子被膜処理を施した実施例7の電池では、瞬間電流が300mAと効果的に低減されていることがわかる。

【0062】実施例1～7の変形例

電極表面を被覆する高分子被膜の膜厚の最適値を検討するために、上述した各実施例1～7において、高分子被膜の膜厚を表2、表3に示すように変えた電池を作製した。

【0063】そして、電池のサイクル特性を実施例1と同様に調べ、その5サイクル目の充放電効率を求めた。この結果を表2に示す。表2から、これらの電池系にお

いて、電極表面の膜厚としては、サイクル特性の点から500μm以下に最適値があることがわかる。

【0064】また、各電池の短絡電流挙動を実施例1と同様に記録して瞬間電流を求め、得られた瞬間電流と、当該実施例の電池に対応する比較例の電池（各実施例の電池において、高分子被膜を形成しなかった場合の電池）の瞬間電流との比率（瞬間電流の減衰率）を求めた。この結果を表3に示す。表3から、これらの電池系においては、電極表面の膜厚としては、瞬間電流の抑制の点から5μm以上とすることが好ましいことがわかる。

【0065】

【表2】

充放電効率（％）

膜厚 (μm)	実施例 1	2	3	4	5	6	7
5	98	98	97	96	97	97	98
20	98	98	96	97	96	96	97
40	97	98	96	96	96	95	97
100	95	95	93	93	92	92	95
250	88	88	82	83	80	80	83
500	83	80	71	72	72	73	75

【0066】

【表3】

瞬間電流の減衰率（％）

膜厚 (μm)	実施例 1	2	3	4	5	6	7
3	95	98	97	96	97	97	98
5	82	78	75	51	74	48	82
20	80	63	50	38	50	38	80

【0067】

【発明の効果】本発明によれば、短絡時等の異常電流が効果的に抑制されるので、電池内部又は周辺機器に電流遮断素子を設けることが不要となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例及び比較例の電池の短絡電流挙動図である。

【図2】実施例及び比較例の電池の短絡電流挙動図である。

【図3】実施例及び比較例の電池の短絡電流挙動図であ

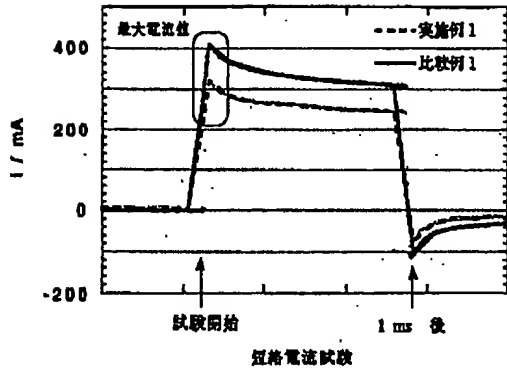
る。【図4】実施例及び比較例の電池の短絡電流挙動図である。

【図5】実施例及び比較例の電池の短絡電流挙動図である。

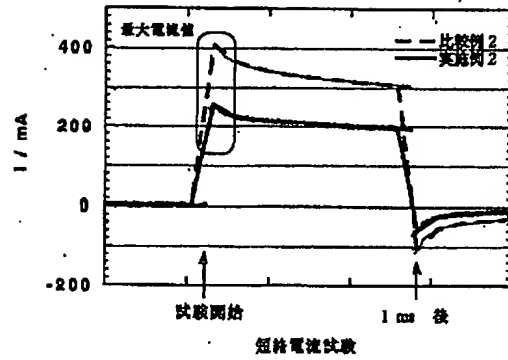
【図6】実施例及び比較例の電池の短絡電流挙動図である。

【図7】実施例及び比較例の電池の短絡電流挙動図である。

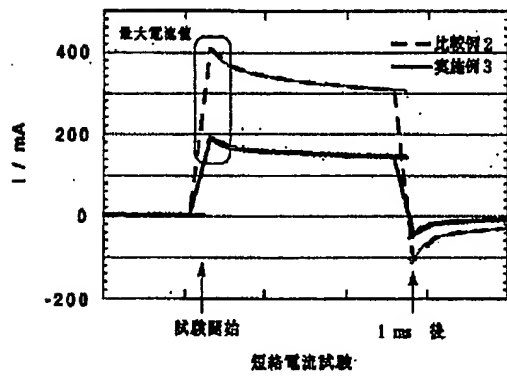
【図1】



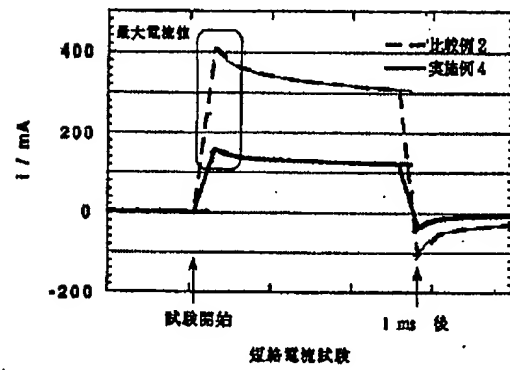
【図2】



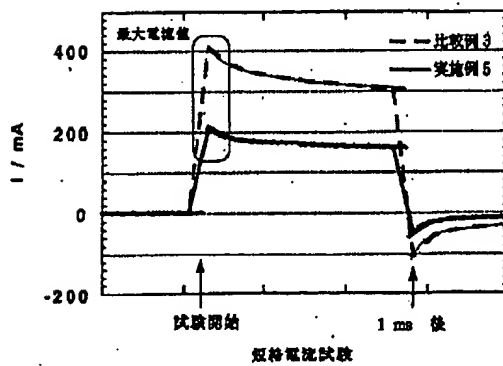
【図3】



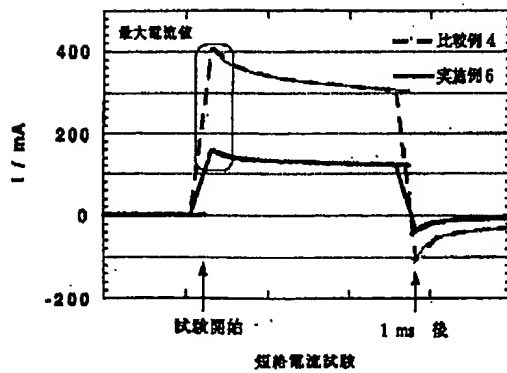
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

